

大口径矿山抢险救援快速钻进技术

王艳丽, 许刘万, 伍晓龙, 殷国乐, 陈浩文

(中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000)

摘要:随着国家对矿山安全生产工作的高度重视, 矿山应急救援钻井装备与施工技术迅速发展。快速钻进技术与工艺是提升矿山垂直钻进应急救援技术水平关键。针对矿山救援所遇地层复杂, 意外因素多, 尤其在抢救被困人员过程中, 施工所需时间长等问题, 从抢险救援装备选择与工艺配套方面进行了讨论, 对实现快速钻进紧急救援, 降低事故伤亡率、减少经济损失, 具有重要的意义。

关键词: 矿山垂直钻井; 应急抢险救援; 快速钻进; 装备选择; 工艺配套

中图分类号: P634 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2015)08-0001-05

Fast Drilling Technology of Large Diameter Well for Emergency Rescue in Mine/WANG Yan-li, XU Liu-wan, WU Xi-ao-long, YIN Guo-le, CHEN Hao-wen (The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: Because of the high attention to mine safety production work in China, mine emergency rescue drilling equipments and construction technologies are rapidly developed. Fast drilling technology and process is the key to improve the level of emergency rescue technology of vertical drilling. In the cases of complex formations and unexpected factors, and especially in the long period of time to rescue the trapped workers, it is necessary to consider the rescue equipments selection and process matching, which have important significance to realize the emergency rescue by fast drilling and reduce the accident casualty rate and economic loss.

Key words: vertical drilling in mine; emergency rescue; fast drilling; selection of equipments; process matching

0 引言

随着煤矿和非煤矿山开采的不断深入, 矿井透水、矿井瓦斯问题已成为制约矿山开发的因素之一, 虽然国家安监局进一步增强了应对和防范矿山安全生产事故风险和事故矿难的能力, 事故发生率在逐年下降, 但令人痛心的是有些事故初期矿井被困人员依然存活, 这时就需要地面人员迅速提供通风供氧、食物给养、施以救援, 往往由于救援手段不足, 效率低下, 导致被困人员丧失生命。由此可见, 地面快速垂直井救援技术是目前矿山事故救灾大家公认的新技术, 特别是智利矿难的完美救援对我国矿难救援工作起到了很大的推进作用, 之前被忽视的矿山救援快速钻进技术与工艺现在越来越引起这一领域人们的高度重视。为了使快速救援钻进技术水平有新的突破, 就要为救援队配备精良先进的技术装备和高效钻进工艺方法。这是促进矿山安全及救援工作的基础和不可缺少的手段, 也是提高救援实战能力的重要途径。通过近年来我们从事的多工艺空气高效钻进技术配套应用实践, 该技术可在大口径矿

山抢险救援快速钻进中, 实现快速透巷、快速施救、消除灾情、恢复生产, 有力地提供了技术保证。

1 矿山应急救援快速钻进技术对装备的要求

矿山救援钻进装备是指救援队在垂直钻井施工按照要求所选择装备的总称。

1.1 钻机

(1) 深井钻进用的转盘式钻机, 这类钻机虽然主要用于油井、地热井、页岩气井钻进, 但在一些较深矿井救援方面也具有一定的优势, 特别对于深井、超深井和高温高压井的钻进作业中发挥的作用更大。其优越性为结构紧凑、传动平稳、坚固耐用、操作方便、安全密封性能可靠, 在深井钻探施工中钻具可提立根, 提下钻辅助时间短, 成本低。

(2) 专用矿山抢险救援钻机, 这种钻机除能满足钻进成井速度快外, 主要特点是全液压动力头式车装, 机动能力强和场地适应性广。只要接到紧急救援命令, 行驶速度一般能够达到 100 km/h 以上, 开赴现场后可在最短时间内实施救援任务。目前我

收稿日期: 2015-03-03; 修回日期: 2015-08-04

作者简介: 王艳丽, 女, 汉族, 1981年生, 工程师, 探矿工程专业, 硕士, 一直从事多工艺空气钻探技术、各类钻具的配套研究工作, 河北省廊坊市金光道77号, ylwang3113@163.com。

国在矿山钻进救援方面还没有专用的钻机,只是根据救援井施工技术的要求如何达到快速、准确、安全,相对其它类型的钻机来选择。目前我国主要借鉴选用煤层气钻探领域进口的美国雪姆钻机系列、德国宝峨公司钻机、瑞典阿特拉斯钻机等,以及近年来国产化全液压力头车装钻机。

对装备的选择要根据抢险救援井的具体要求来定,目的是要达到快速钻进的技术效果。有关参与抢险救援的钻机如图 1~图 4 所示。



图 1 雪姆 T685WS 型钻机施工救援现场



图 2 意大利土力 G55 型钻机施工救援现场



图 3 宝峨 RB50 型钻机施工救援现场



图 4 阿特拉斯 RD20 型钻机施工救援现场

潜孔锤钻进技术是救援井抢险被困人员,争取抢救救护时间,挽救人员生命快速钻井作业的核心技术。而空气压缩机、增压机是气动潜孔锤钻进做功的动力源,是实现气动潜孔锤钻进技术必不可少的关键设备,所以对空气压缩机、增压机的选择配套就显得尤为重要。一般要求空压机性能必须能够连续工作 100 h 以上,除满足野外施工作业要求外,还要设备维修保养简单,技术参数可同增压机匹配实现正常工作。在这方面国内外有几种螺杆式空气压缩机可供选择,增压机多数选用阿特拉斯公司的产品,关于救援井气动潜孔锤钻进技术设备选择,与水井、地热井、煤层气井和一些工程井基本相同,如图 5~图 10 所示。



图 5 复盛埃尔曼 PDSK1200S 型空压机



图 6 阿特拉斯 XRVS1350 型空压机

1.2 空气压缩机

从国内外矿山抢险救援钻进实践经验看,气动

单台空压机输出的最大工作压力一般要 >2.4 MPa,风量要 $>30 \text{ m}^3/\text{min}$,在钻进小径时可按实际



图 7 寿力 DLQ1250XHH/1525XH 型空压机



图 8 特沃特 TWT1250XH 型空压机



图 9 韩国斗山 XHP1170 型空压机



图 10 阿特拉斯 40S 系列增压机

情况单台并联方式以及联组一台增压机满足要求,但矿山抢险救援井施工多为大口径,而且井较深,特别是井内有水时,背压大,所要求输出的空气压力可能超过了空气压缩机的额定压力值,这时就要使用增压机,加之单台空气输出气量也满足不了需要的空气量,这就要根据井径、井内水位等情况,配备多台空气压缩机和增压机以机组形式并联使用,以满

足抢险作业需要。

2 矿山抢险救援钻井施工方案

在矿山抢险救援施工中,为了快速准确的钻进到预计孔位,尽快打通生命通道,赢得宝贵时间以挽救更多的生命。透水事故、瓦斯事故更多是要在最短的时间内完成钻孔抽水或排气,送氧。从国内外抢险救援快速钻井总结的经验看,要想实现最快捷、最有效的救援施工,只有采用气动潜孔锤钻进技术方案。

具体步骤如下:

(1) 钻通风孔,采用气动潜孔锤钻 $\phi 152 \sim 311$ mm 孔径,注意井下人员与钻孔位置的安全距离;

(2) 钻给养孔,采用气动潜孔锤钻 $\phi 152 \sim 311$ mm 孔径,注意井下人员与钻孔位置的安全距离;

(3) 钻救生孔,采用气动潜孔锤钻 $\phi 311$ mm 孔径导向孔,二次扩孔钻 $\phi 660 \sim 711$ mm 孔,下入套管后直接下入救生舱。

有关钻井施工方案实施以及钻具连接,需因地制宜配套。并要确定好被困人员的准确位置,建立生命维持系统,为井下人员提供生命保障。

以煤层埋深 300 m 的矿井救援为例:钻孔结构第四系地层 0 ~ 100 m 使用 $\phi 1100$ mm 组合牙轮钻头泥浆正循环钻进,下入 $\phi 720$ mm 套管,100 ~ 300 m 基岩地层使用 $\phi 311$ mm 做导向孔,然后气动潜孔锤扩孔到 $\phi 660$ mm,下入 $\phi 550$ mm 救生舱救人,具体钻孔结构见图 11。

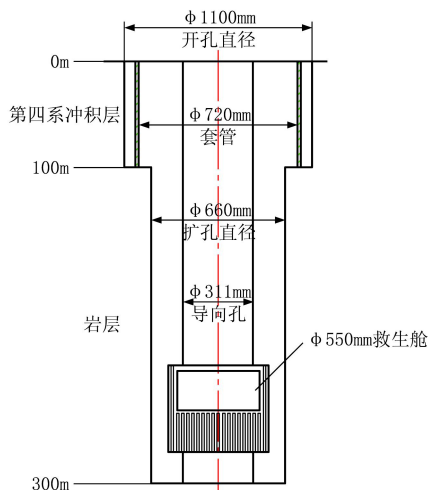


图 11 救生孔及救生舱示意图

3 气动潜孔锤快速钻井技术

对于抢险救援快速钻井技术而言,施工时要求快速、准确、安全,不能对井下被困人员造成二次伤害。这样快速钻井采用何种工艺方法,以及冲洗介质选择也是救援井施工考虑的主要问题。通过国内外救援的实际经验,证明气体冲洗介质是最佳的选择,恰好气动潜孔锤钻进技术能满足这一要求。随着气动潜孔锤快速成孔技术的迅速扩展,近年来应用到矿难救援工程方面,气动潜孔锤钻进效率的确很高,但由于矿区地层情况一般比较复杂,加之钻孔口径较大,有时候还需要穿过采空区,钻进过程中难免会遇到许多技术难题,为解决好这些技术难题,工艺类型的选择直接关系到快速钻进技术的实现。

从目前气动潜孔锤钻进技术的应用来看,潜孔锤按结构形式可分为单体式、捆绑式,按排渣方式的不同可分为正循环和反循环。虽然工作原理和结构性能有明显的区别,但基本工作过程都是将锤头和能产生冲击作用的气动冲击器潜入孔底,冲击器以压缩空气为动力不断产生冲击功和冲击频率直接传给锤头,并通过钻机的回转驱动,形成对岩石的破碎,冲击器排出的气体既冷却锤头又排出岩屑,从而实现冲击回转钻进全过程。

3.1 正循环气动潜孔锤钻进

转盘钻机常用的钻具配套为:水龙头+主动钻杆+单壁钻杆+钻铤+潜孔锤;若用全液压力头钻机时,动力头直接取代水龙头和主动钻杆,其余钻具相同。但对于正循环气动潜孔锤钻进来说,加大钻杆外径,有利于提高上返速度,在提高钻速的同时又减少了孔的偏差。再是正循环气动潜孔锤钻进时安装孔口旋转密封装置必不可少,它的作用是将钻孔中随高压空气返上地表的岩渣排放到指定位置,避免了岩渣、粉尘在孔口喷放,减少钻进现场和周围环境的污染以及对施工人员和设备的危害。同时钻进过程中也应注入泡沫剂,以利于润滑钻具、保护孔壁、提高携带岩渣的能力。适合不同规格主动钻杆、外平钻杆的孔口旋转密封装置如图12所示。

3.2 反循环气动潜孔锤钻进

由于正循环气动潜孔锤遇破碎、裂隙发育等复杂地层,尤其钻遇采空区时,气体难以形成循环,易出现埋钻、卡钻等孔内事故。而反循环气动潜孔锤钻进工艺则可克服这些难题,为抢险救援取得非常宝贵的时间。其工作原理是:压缩空气从气水龙头



图12 适合不同规格主动钻杆、外平钻杆的孔口密封装置

的气室进入,经由双壁主动钻杆、双壁钻杆环状间隙输送到反循环气动潜孔锤,实现转盘钻机施工。当采用全液压力头钻机时,动力头下部安装一气盒子,通过气盒子的气室将压缩空气经双壁钻杆的环状间隙,输送到反循环气动潜孔锤,实现反循环钻进工作过程。

这种钻进工艺最大的优点是:排渣截面小,不受孔径限制,上返风速高,排渣干净,不重复碎岩,钻进效率高,钻头寿命长,从而节约了供风量,减少了功率消耗和设备数量。同时也能有效地解决粉尘对环境和人员设备的危害,这已被生产实践所证明。

为方便实现反循环气动潜孔锤工艺,有直接采用捆绑式反循环气动潜孔锤的(见图13),也有采用正循环气动潜孔锤配套交叉接头和封堵器的方法来实现的(见图14),均可达到反循环钻进的目的。

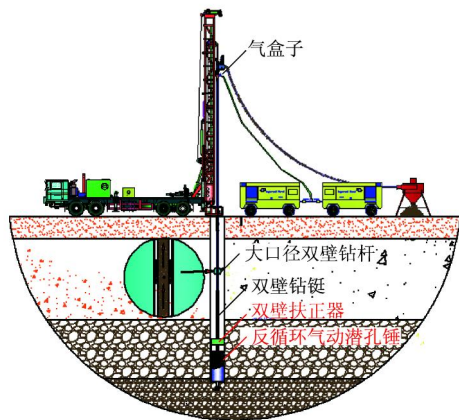


图13 大口径反循环气动潜孔锤钻进示意图

3.3 反循环气动潜孔锤钻进对钻机动头力和双壁钻具的要求

从目前进口的几种全液压力头钻机以及国产的类似钻机看,钻机多数主要考虑正循环钻进为主,所以用于反循环钻进还需进一步完善后方能满足工艺的要求。存在的主要问题有:动力头通孔小,岩屑上返阻力大,与大通孔钻具不匹配。一般要求动力头通孔、鹅颈管通孔应大于配套的双壁钻具内径。

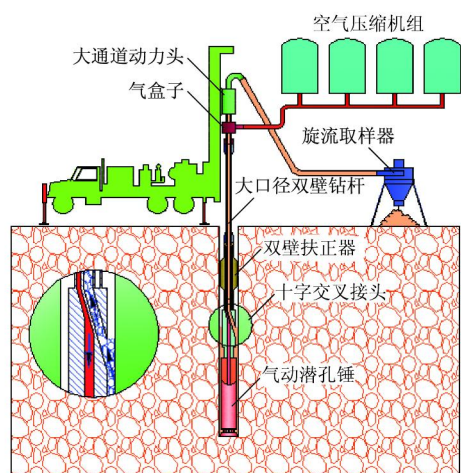


图14 正循环气动潜孔锤配套交叉接头实现反循环钻进示意图

另外,反循环钻进鹅颈管局部易磨损,建议钻机鹅颈管增设可换窗口以降低成本,如图15所示。

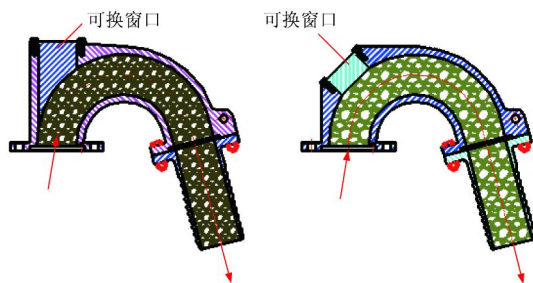


图15 鹅颈管可换窗口示意图

另外,实现反循环气动潜孔锤钻进,双壁钻具是关键,一是要求双壁钻杆外管必须采用石油摩擦焊方式,二是内管的密封套除密封可靠、寿命长外,其材质还要耐磨损,内管同外管的固定要利于施工现场维护保养更换,施工单位工艺配套时要特别注意上述问题,多年来我们在科研成果转化推广过程中,为许多单位国内外施工配套该技术,紧密结合生产实际已深有体会。因为反循环气动潜孔锤钻进不同于气举反循环钻进,前者在管内上返的多为气体、固体二相流,速度高于后者好几倍,对内管体来说损坏就快。气举反循环钻进则为气、液、固三相流,上返

速度较低,相比较而言对内管体磨损就小,相对内管体寿命也长。

4 结语

加强应急救援工作,不仅要有完善、精干、布局合理的救援队伍,还要有先进的应急救援技术,以保障快速有效地抢救被困人员、恢复灾区生产,最大限度地减少人员和财产损失。大口径矿山抢险救援快速钻进技术设备配套一定要满足工艺方法要求。实践证明,采用气动潜孔锤正、反循环钻进工艺,是一项行之有效的救援技术。尤其在正循环钻进无法实现时,反循环钻进工艺技术能快速钻进成孔,为抢救井下矿工生命争取了宝贵时间,大大减少了人员伤亡,取得的社会效益非常显著。

参考文献:

- [1] 姜伟,周心权,刘亚楠. 矿井火灾应急救援能力评价[J]. 矿业安全与环保,2009,(5).
- [2] 欧钦,朱正平. 矿山水害救援快捷安全技术研究[J]. 华北科技学院学报,2009,(4).
- [3] 郑冲涛,韩烈祥. 空气钻井的装备配套技术[J]. 钻采工艺,2003,26(4):63-66.
- [4] 耿瑞伦. 应用空气钻进技术钻采地下水[A]. 严重缺水地区地下水勘查论文集[C]. 北京:地质出版社,2003.
- [5] 隋旺华,王档良. 矿井抢险救灾呼唤快速通道钻掘[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(3):4.
- [6] 许刘万,史兵言,李国栋. 大力推广气动潜孔锤及气举反循环组合钻进技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(9):41-45.
- [7] 许刘万,史兵言,赵明杰. 反循环气动潜孔锤的研制及应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(4):31-34.
- [8] 周静,朱建华,王象鹏,等. 河南省安全生产应急救援体系建设探讨[J]. 河南工业大学学报(社会科学版),2007,(3).
- [9] 许刘万,王艳丽,左新明. 我国水井钻探装备的发展及应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(4):1-7.
- [10] 冯起赠,秦如雷,许本冲,等. 全液压车装钻机在集束式潜孔锤反井施工中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(6):23-26.